

## **Efectos de la sombra sobre la roya anaranjada del cafeto (*Hemileia vastatrix*)**

Jacques Avelino<sup>1,2,3,a</sup>, Julia Badaroux<sup>2</sup>, Audrey Boudrot<sup>1</sup>, Alejandro Brenes<sup>2</sup>, Eduardo Granados<sup>4</sup>, Maxime Henrion<sup>2</sup>, Donal López<sup>2</sup>, Isabelle Merle<sup>1</sup>, Jimmy Pico<sup>2</sup>, Beatriz Segura<sup>2</sup>, Mark Smith<sup>5</sup>, Elías de Melo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CIRAD, <sup>2</sup> CATIE, <sup>3</sup> IICA-PROMECAFE, <sup>4</sup> UCR, <sup>5</sup> WCR

<sup>a</sup> jacques.avelino@cirad.fr

Los efectos de la sombra sobre la roya del café son controvertidos. Con el fin de entender mejor estos efectos, se han desarrollado investigaciones desde el 2008 en el ensayo de comparación de sistemas agroforestales del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, a 600 m de altitud bajo influencia del Caribe. En estas investigaciones, cada una de las diferentes fases del ciclo de vida del hongo fue estudiada aisladamente (ver Cuadro) en pleno sol y bajo sombras diversas.

Los efectos de la sombra sobre la roya son complejos (ver Cuadro). Se evidenció un efecto preponderante de la sombra sobre el lavado de esporas. La sombra promueve la conservación de las esporas mientras que al pleno sol éstas se lavan fácilmente, dejando de participar en el crecimiento de la epidemia. En estudios realizados en 2016, se estimó en promedio una pérdida de 69 esporas cm<sup>-2</sup> de suelo bajo el cafeto, al pleno sol, después de un día con lluvia, mientras que bajo sombra sólo se cuantificó una pérdida de 52 esporas cm<sup>-2</sup>, a pesar de que el stock de inóculo era en promedio de 25 638 esporas por rama al sol y 63 579 esporas bajo sombra. Se estimó una pérdida del stock de inóculo del 51% al sol pero sólo del 15% bajo sombra. El menor lavado de esporas bajo sombra se relacionó con la intercepción del agua de lluvia por los árboles. El transporte por lavado resultó ser el más importante de los medios de dispersión de las esporas. En efecto, las capturas de esporas dispersadas por salpique fueron muy poco frecuentes: en estudios del 2016, sólo 3% de las evaluaciones revelaron la presencia de esporas dispersadas por salpique. Las capturas en el aire son más frecuentes. En estudios del 2013 y 2014, el 37% de los trampeos realizados al mediodía (hora de mayor captura) capturaron esporas. Sin embargo, la cantidad de esporas capturadas siempre fue baja comparada con el stock de inóculo disponible. En 2014, se capturó un máximo de 464 esporas en 14.4 m<sup>-3</sup> de aire en un día, para un stock de inóculo por rama superior a 450 000 esporas. La sombra interactuó con el clima para la dispersión en el aire. Esta fue mayor bajo sombra durante las lluvias. En efecto, las hojas de los árboles interceptan, pero también acumulan el agua de lluvia, creando gotas de agua más gordas con mayor energía cinética (el doble bajo sombra de Cashá, *Eurycyclum chloroleucon*, que al pleno sol). Las gotas, que se formaron bajo sombra, impactaron, por lo tanto, fuertemente las hojas del café y liberaron más esporas en el aire. En cambio, en días secos, la dispersión en el aire de las esporas fue menor bajo sombra, posiblemente porque la sombra intercepta el viento. Se ha observado también que la incidencia, es decir el porcentaje de hojas enfermas, es mayor bajo sombra que al pleno sol, en condiciones de cargas fructíferas idénticas. En promedio, en 2008 y 2009, se encontró una incidencia de un 22% mayor bajo sombra que al pleno sol, posiblemente porque había un mayor stock de inóculo, es decir más esporas disponibles, bajo sombra, y porque la mojadura más alta y las temperaturas reguladas de la sombra eran mejores para la infección. En experimentos del 2016, las tasas de colonización (la tasa de crecimiento de las lesiones) bajo sombra y a pleno sol fueron similares, pero el área foliar afectada bajo sombra fue mayor, posiblemente debido al mayor número de lesiones (incidencia favorecida).

Finalmente, también se encontró, en estos experimentos, que la sombra favoreció la deposición de las esporas sobre las hojas del cafeto (3 esporas por cm<sup>2</sup> de hoja sana y sólo 2 al sol), seguramente por el mayor stock de inóculo y por el lavado menos intenso.

Se sabe que la sombra es necesaria para adaptarse al cambio climático. El microclima bajo sombra es, sin embargo, principalmente favorable para el desarrollo de la roya. Aunque también se sabe que bajo sombra, la menor carga fructífera observada incrementa la resistencia fisiológica del cafeto a la roya y el impacto de la roya sobre la defoliación es menor. Es por lo tanto necesario tratar de reducir los efectos negativos de la sombra, sin disminuir los efectos de interés. Muchos de los efectos negativos tienen que ver con la energía cinética de las gotas y la infiltración del agua en el sistema. Rasgos funcionales de la sombra o sistemas de manejo que permitan reducir la energía cinética de las gotas e incrementar la infiltración del agua serían de gran interés.

**Efectos de la sombra sobre la roya del cafeto y metodologías o herramientas usadas en experimentos llevados a cabo en Turrialba, Costa Rica del 2008 al 2016**

Proceso o característica del ciclo de la enfermedad	Sombra	Sol	Factor involucrado	Metodología o herramienta
Dispersión en el aire	<b>+/-</b>	<b>+/-</b>	Lluvia (energía cinética de las gotas) y viento	Trampas Burkard
Dispersión por salpique	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	Placas Petri invertidas con papel filtro
Conservación de las esporas (inverso del lavado)	<b>+</b>	<b>-</b>	Intercepción del agua por la sombra	Recipientes bajo el cafeto y en la calle
Deposición	<b>+</b>	<b>-</b>	En relación con el stock de inóculo	Esmalte
Germinación y penetración	<b>+/-</b>	<b>+/-</b>	Mojadura, temperatura y carga fructífera	La incidencia es un indicador
Colonización	<b>=</b>	<b>=</b>	Temperatura y posiblemente carga fructífera	Fotos de lesiones individuales con el tiempo y uso de ImageJ
Esporulación total (stock de inóculo)	<b>+</b>	<b>-</b>	Resultado de la incidencia y del lavado	Raspado de hojas infectadas y conteos en cámara de Neubauer
Intensidad de la esporulación	<b>+</b>	<b>-</b>	Resultado de lavado	Relación entre la cantidad de esporas recogidas y el área esporulada

**+/-** Efectos variables debido a la interacción con el clima o la fisiología de la planta, **-** Menor intensidad del proceso o característica del ciclo, **+** Mayor intensidad del proceso o característica del ciclo, **=** no hay diferencias, **?** No se ha logrado evaluar por la poca intensidad del proceso o característica del ciclo